

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra částí a mechanismů strojů

Ruční pračka s převodem

Hand Wash with Transmission

Student:

Renáta Kyselá

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ivana Kunzová, Ph. D.

Ostrava 2019

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra částí a mechanismů strojů

Zadání bakalářské práce

Student: **Renáta Kyselá**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace: 40 Konstrukce strojních dílů a skupin
Téma: **Ruční pračka s převodem**
Hand Wasch with Transmission
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Vypracujte rešerši k zadanému tématu a navrhnete pračku s ručním pohonem a přídatným řemenovým převodem do rychla. Pračka bude dimenzovaná na zátěž 3 kilogramů prádla. Nakreslete sestavný výkres pračky a výrobní výkres řemenice.

Seznam doporučené odborné literatury:

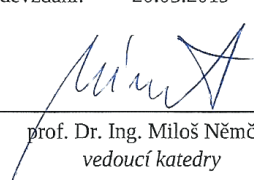
Dejl, Z. *Konstrukce strojů a zařízení I*. Ostrava: Montanex, 2000. 225s. ISBN 80-7225-018-3
Kaláb, K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře, Části spojovací*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2007. 90s. ISBN 978-80-248-1290-8
Kaláb, K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře, Části pohonů strojů*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008. 128s. ISBN 978-80-248-1860-3
Leinveber, J.; Vávra, P. *Strojnické tabulky*. Albra-pedagogické nakladatelství, Úvaly, 2006. 914s. ISBN 80-7361-033-7
Němček, M. *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů. Spoj*. Skriptum VŠB-TU Ostrava. Ostrava, 2002. 111s. ISBN 978-80-248-1290-8
Normy, katalogy, prospekty a www-stránky k dané problematice

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ivana Kunzová, Ph.D.**

Datum zadání: 21.12.2018

Datum odevzdání: 20.05.2019


prof. Dr. Ing. Miloš Němček
vedoucí katedry




prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucí bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 20.května 2019



Podpis

Prohlašuji, že

- jsem si vědoma, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu užití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- беру на вѣдомі, že – podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů – že tato bakalářská práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 20.května 2019.



Podpis

Renáta Kyselá

Mlýnská 62, Mořkov, 742 72

Anotace

KYSELÁ, R. *Ruční pračka s převodem: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra částí a mechanismů strojů, 2019, 51 s. Vedoucí práce: KUNZOVÁ, I.

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem ruční pračky s řemenovým převodem. Cílem je navrhnout pračku tak, aby splňovala zadané podmínky. V úvodní části je zpracován krátký přehled zabývající se historií praní prádla a vývojem praček. V další části jsou příklady současných ručních praček. Práce pokračuje popisem a potřebnými výpočty již navrženého zařízení. V práci jsou také uvedeny pevnostní kontroly hřídelí a šroubových spojů. Součástí práce je výkresová dokumentace.

Abstract

KYSELÁ, R. *Hand Wash with Transmission: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machine Parts and Mechanisms, 2019, 51 p. Supervisor: KUNZOVÁ, I.

This bachelor thesis deals with the design of a hand-operated washing machine with a belt drive. The aim of the thesis is to design the device to meet the specified conditions. In the introductory part, there is a short overview dealing with the history of laundry washing and the development of washing machines. In the next section, there are examples of current hand washers. The work continues with a description and necessary calculations of the already designed equipment. There are also strength checks analysis of shafts and screw connections. Drawing documentation is included.

Poděkování

Především chci poděkovat vedoucí bakalářské práce Ing.Ivaně Kunzové, Ph.D. za cenné rady, odbornou pomoc a množství času při konzultacích, které mi poskytla při vypracování závěrečné práce. Osobní poděkování patří mé rodině a přátelům za podporu a pochopení.

Obsah

Seznam použitého označení, symbolů a zkratek	1
Úvod	4
1. Rešerše	5
1.1. Historie praní prádla	6
1.2. Rozdělení praček	6
1.2.1. Valchové pračky	6
1.2.2. Práčové pračky	7
1.2.3. Vakuové pračky	7
1.2.4. Vibrační pračky	7
1.2.5. Vířivé pračky	7
1.2.6. Automatické pračky	8
1.2.7. Ruční pračky	9
2. Popis konstrukce	12
2.1. Popis pohonu	12
2.2. Popis bubnu	13
3. Návrh konstrukce	15
3.1. Navržení základních rozměrů	15
3.1.1. Výpočet celkového momentu setrvačnosti	15
3.1.2. Výpočet kroutícího momentu	16
4. Návrh řemenového převodu	18
4.1. Návrh průměrů řemenic	18
4.2. Návrh osové vzdálenosti	18
4.3. Výpočet délky řemene	19
4.4. Kontrola životnosti řemene	19
4.5. Výpočet předpětí	20
4.6. Návrh malé řemenice	21
5. Návrh a kontrola hřídelů	22
5.1. Návrh průměru hřídele 1_1	22

5.2.	Kontrola bezpečnosti hřídele 1_1	22
5.2.1.	Výpočet reakcí	23
5.2.2.	Zjištění maximálního ohybového momentu.....	24
5.2.3.	Kontrola bezpečnosti.....	24
5.3.	Kontrola bezpečnosti hřídele 1_2	25
5.4.	Návrh průměru hřídele 2.....	26
5.5.	Kontrola bezpečnosti hřídele 2	26
5.5.1.	Výpočet reakcí	26
5.5.2.	Zjištění maximálního ohybového momentu.....	27
5.5.3.	Kontrola bezpečnosti.....	28
6.	Výpočet pera na hřídeli 1_1 a hřídeli 1_2	29
7.	Kontrola kliky na ohyb.....	30
8.	Výpočet polygonového spoje kliky	31
9.	Výpočet ložisek	32
9.1.	Trvanlivost valivých ložisek na hřídeli 1_1 a hřídeli 1_2	32
9.2.	Uložení ložisek na hřídeli 1_1 a hřídeli 1_2.....	32
9.2.1.	Pevnostní kontrola náboje pomocí Mohrovy pevnostní hypotézy	33
9.2.2.	Pevnostní kontrola hřídele	33
9.3.	Uložení ložisek v přírubách	33
9.3.1.	Pevnostní kontrola náboje pomocí Mohrovy pevnostní hypotézy	33
9.3.2.	Pevnostní kontrola hřídele	34
9.4.	Uložení kluzných ložisek na hřídeli 2	34
10.	Kontrola šroubů v přírubách	35
10.1.	Kontrola šroubů v přírubách hřídele 2.....	35
10.2.	Kontrola šroubů v přírubách bubnu.....	37
11.	Závěr	40
12.	Literatura	41
13.	Přílohy	43

Seznam použitého označení, symbolů a zkratek

a	délka hrany čtyřhranu	mm
b_l	šířka ložiska	mm
d	vnitřní průměr bubnu	mm
d_h	průměr hřídele	mm
$d_{hmř}$	průměr hřídele pod malou řemenicí	mm
d_{kl}	průměr hřídele kliky	mm
d_l	vnější průměr ložiska	mm
d_p	vnější průměr příruby	mm
e_i	dolní mezní úchylka hřídele	mm
e_s	horní mezní úchylka hřídele	mm
f_k	součinitel tření v klínové drážce	--
f_o	ohybová frekvence	s^{-1}
hmr	horní mezní rozměr	mm
i	převodový poměr	--
i_{sk}	skutečný převodový poměr	--
k_s	statická bezpečnost	--
k_{SH}	statická bezpečnost hřídele	--
k_{SN}	statická bezpečnost náboje	--
l	délka pera	mm
m_b	hmotnost bubnu	kg
m_{b2}	hmotnost naplněného bubnu	kg
m_H	hmotnost hřídele 1_1	kg
m_p	hmotnost prádla	kg
$m_{\tilde{R}}$	hmotnost malé řemenice	kg
m_v	hmotnost vody	kg
n_1	otáčky velké řemenice	min^{-1}
n_2	otáčky malé řemenice	min^{-1}
p_D	dovolený tlak	MPa
p_{max}	maximální tlak	MPa
r	vnitřní poloměr bubnu	mm
r_k	poloměr otáčení kliky	mm
r_p	poloměr pro objem 20 l prádla	mm
t	doba rozběhu bubnu	s
t_h	zkosení hrany polygónového spoje	mm
v	výška válce bubnu	mm
v_2	obvodová rychlost malé řemenice	$m \cdot s^{-1}$
A	osová vzdálenost řemenic	mm
A_{MAX}	maximální osová vzdálenost	mm
A_{MIN}	minimální osová vzdálenost	mm
A_{sk}	skutečná osová vzdálenost	mm
C	dynamická únosnost dle SKF	N
C^N	rozměrová charakteristika náboje	--
D	vnější průměr bubnu	mm
D_1	průměr velké řemenice	mm

D_2	<i>průměr malé řemenice</i>	<i>mm</i>
DMR	<i>dolní mezní rozměr</i>	<i>mm</i>
E	<i>Youngův modul pružnosti pro ocel</i>	<i>MPa</i>
EI	<i>dolní mezní úchylka náboje</i>	<i>mm</i>
ES	<i>horní mezní úchylka náboje</i>	<i>mm</i>
F	<i>přenášená obvodová síla na malé řemenici</i>	<i>N</i>
F_0	<i>předepínací síla řemene</i>	<i>N</i>
F_1	<i>síla potřebná k roztočení velké řemenice</i>	<i>N</i>
F_b	<i>síla zátěže bubnu</i>	<i>N</i>
F_{b2}	<i>síla zahrnující zátěž plného bubnu</i>	<i>N</i>
F_h	<i>Síla působící na konci hřídele 2</i>	<i>N</i>
F_H	<i>Síla zahrnující zátěž hřídele 2</i>	<i>N</i>
F_{kl}	<i>síla působící na kliku</i>	<i>N</i>
$F_{mř}$	<i>síla zátěže malé řemenice</i>	<i>N</i>
F_p	<i>provozní síla</i>	<i>N</i>
F_R	<i>radiální síla působící na ložisko</i>	<i>N</i>
$F_{\tilde{R}}$	<i>síla zahrnující zátěž velké řemenice</i>	<i>N</i>
F_T	<i>třecí síla</i>	<i>N</i>
F_{tp}	<i>síla působící na těsné pero</i>	<i>N</i>
$F_{vř}$	<i>síla zastupující zatížení pod velkou řemenicí</i>	<i>N</i>
F_y	<i>součet sil v ose y</i>	<i>N</i>
J_b	<i>moment setrvačnosti bubnu</i>	<i>kg·m²</i>
J_c	<i>celkový moment setrvačnosti</i>	<i>kg·m²</i>
J_p	<i>moment setrvačnosti prádla</i>	<i>kg·m²</i>
J_v	<i>moment setrvačnosti vody</i>	<i>kg·m²</i>
L_{10}	<i>životnost ložisek při 10% pravděpodobnosti poruchy</i>	<i>mil. ot.</i>
L_{10h}	<i>životnost ložisek při 10% pravděpodobnosti poruchy</i>	<i>hod</i>
L_p	<i>délka řemene</i>	<i>mm</i>
M_{k1}	<i>krouticí moment velké řemenice</i>	<i>Nm</i>
M_{k2}	<i>krouticí moment malé řemenice</i>	<i>Nm</i>
M_{oA}	<i>ohybový moment vzhledem k ložisku A</i>	<i>Nmm</i>
M_{oB}	<i>ohybový moment vzhledem k ložisku B</i>	<i>Nmm</i>
M_{oC}	<i>ohybový moment vzhledem k ložisku C</i>	<i>Nmm</i>
M_{oMAX}	<i>maximální ohybový moment</i>	<i>Nm</i>
M_{TZ}	<i>třecí moment na závit</i>	<i>Nm</i>
P	<i>ekvivalentní dynamické zatížení</i>	<i>N</i>
P_1	<i>výkon velké řemenice</i>	<i>W</i>
P_2	<i>výkon malé řemenice</i>	<i>W</i>
P_{MAX}	<i>Maximální přesah</i>	<i>mm</i>
R	<i>vnější poloměr bubnu</i>	<i>mm</i>
R_A	<i>reakce v ložisku A</i>	<i>N</i>
R_B	<i>reakce v ložisku B</i>	<i>N</i>
R_C	<i>reakce v ložisku C</i>	<i>N</i>
Re	<i>mez kluzu</i>	<i>MPa</i>
Rm	<i>mez pevnosti</i>	<i>MPa</i>
Wk	<i>modul průřezu v krutu</i>	<i>mm³</i>
Wo	<i>modul průřezu v ohybu</i>	<i>mm³</i>

α	<i>úhel opásání</i>	°
ε	<i>úhové zrychlení</i>	$\text{rad}\cdot\text{s}^{-2}$
η_c	<i>celková účinnost</i>	--
η_{KL}	<i>účinnost kluzného ložiska</i>	--
$\eta_{\text{Ř}}$	<i>účinnost řemenového převodu</i>	--
η_{VL}	<i>účinnost valivých ložisek</i>	--
η_{VV}	<i>účinnost víření vody</i>	--
φ	<i>koefficient vzrůstu maximálního napětí</i>	--
φ'	<i>redukovaný třecí úhel</i>	°
γ	<i>doplňkový úhel</i>	°
ω_1	<i>úhlová rychlost otáčení velké řemenice</i>	$\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$
ω_2	<i>úhlová rychlost otáčení malé řemenice</i>	$\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$
ψ	<i>úhel stoupání závitu</i>	°
σ_o	<i>ohybové napětí</i>	MPa
σ_{RED}	<i>redukované napětí dle Guestovy hypotézy</i>	MPa
σ_t	<i>tahové napětí</i>	MPa
τ	<i>smykové napětí</i>	MPa
τ_{DOV}	<i>dovolené smykové napětí</i>	MPa

Úvod

Bakalářská práce je zaměřena na konstrukci a výpočet ruční pračky. Zařízení musí být dimenzováno na 3 kg prádla. Otáčky bubnu jsou zvýšeny přidavným řemenovým převodem s převodovým poměrem $i = \left(\frac{1}{3} \div \frac{1}{2}\right)$.

Ruční pračka slouží pro praní jemného prádla, které je zakázáno prát v pračce automatické. Dále je tato pračka vhodná pro praní v místech, kde není zajištěn prostor pro automatickou pračku či dodání elektrické energie. Proto je užitečná například na chatách nebo pod stany. V současnosti se na českém trhu nedají téměř koupit. Je však možné pořídit několik typů v zahraničí.

1. Rešerše

Praní prádla v řece na kamenech je už dávnou minulostí. Technologie nové doby přinesly pračky, které praní mnohonásobně ulehčují. Dnes máme na výběr několik různých druhů a typů praček. Nejlepší volbou pro praní jsou plně automatizované pračky, kde si uživatel může nastavit jak délku praní, tak otáčky bubnu či teplotu vody. Tyto spotřebiče jsou jednoduché na obsluhu, ovšem přináší i nevýhody. Aby se finančně vyplatilo praní v automatické pračce, je potřeba buben zcela naplnit. Tyto zařízení mají totiž velkou spotřebu vody a také elektrické energie.

Může nastat problém, kdy potřebujeme vyprat jen pár kusů prádla a nevyplatí se proto zapínat automatickou pračku. V těchto případech je vhodné využít pračky ruční. Spotřeba vody je daleko nižší a pohon není elektrický.

Tyto pračky jsou především vhodné na chaty a chalupy. Dle recenzí [1] jsou velice oblíbené i mezi studenty, kteří bydlí na kolejích či internátech, aby si mohli vyprat to nejnnutnější. Tyto zařízení jsou díky své nízké hmotnosti lehce přenositelné, a tak mohou být využity i při výletu do přírody pod stan.

Takováto zařízení se ovšem setkávají i s kritikou. Vzhledem k nízkým otáčkám bubnu díky ručnímu pohonu, nemůžeme počítat s vyčištěním silně zašpiněného prádla. I přes různé negativní recenze jsou ruční pračky oblíbené a neustále se vyvíjejí nové typy.

Ruční pračky byly dříve vyráběny z lehkých kovů. Dnes je můžeme zakoupit nejčastěji v plastovém provedení. Nejlevnější typy pořídíme od 1 400 Kč.

1.1. Historie praní prádla

První zmínka praní prádla se datuje do období 2800 let př. n. l. V té době bylo zvykem naplnit kád' vodou a prádlem a následně po něm šlapat. Takto se prádlo pralo, máchalo i ždímallo. Toto praní nebylo moc účinné, a proto začali lidé přidávat do vody nejrůznější látky, které by praní napomáhaly, např. hlína a písek, moč, dřevěný popel, soda nebo zvířecí tuk nebo i části rostlin. Až nakonec lidé vymysleli mýdlo. To bylo ovšem těžké vyrobit, a proto bylo drahé. Jako prací prostředek se rozšířilo až ve 12. století.

Velkým objevem byly prací desky, tzv. valchy. Vyráběly se z nejrůznějších materiálů, jako např. ze dřeva, hlíny, kamení, plechu nebo umělé hmoty. V Čechách se používala až do 50. let 20. století. Poté ji začaly nahrazovat první pračky.



Obr. 1: Dřevěná valcha [6]

1.2. Rozdělení praček

1.2.1. Valchové pračky

Na konci 19. století se začaly vyrábět první prací stroje, které byly použitelné v prádelnách, nemocnicích, a nakonec i v domácnostech. Nejprve to byly jen obyčejné nádoby ve tvaru půlválce. Dno bylo z dřevěných lišt a proti němu se kývalo druhé půlválcové těleso. Takto se prádlo třelo, až se vypralo. Toto zařízení bylo velice neúčinné a docházelo k rychlému zničení prádla.



Obr. 2: Valchová pračka [6]

1.2.2. Práčové pračky

Tyto zařízení patří mezi první kovové pračky. Název byl odvozen od tzv. „práce“, což je žebrované těleso různých tvarů. To se v bubnu otáčí o 90° až 120°. I v tomto případě docházelo k velkému opotřebení prádla

1.2.3. Vakuové pračky

Praní prádla u tohoto typu praček bylo zajištěno vertikálním pohybem zvonů nahoru a dolů. Pračky byly populární především v USA na začátku 20. století.



Obr. 3: Vakuová pračka [6]

1.2.4. Vibrační pračky

V těchto pračkách se prádlo sice neničilo, ale problém byl v tom, že se obsah v pračce nepohyboval a odstraněná špína se opět usazovala na prádle. Proto se muselo nejprve vyvařovat.

1.2.5. Vířivé pračky

Tyto pračky byly posledním typem před nástupem automatických praček. Zjistilo se, že stačí, aby prádlo ve vodě s mýdlem jen vířilo. Voda se nejprve rozvířila a prádlo se vkládalo až poté. Tkaniny se ale v těchto pračkách zamotávaly.

1.2.6. Automatické pračky

Vznikaly v 60. letech 20. století. Jejich cílem bylo urychlit praní. Automatické pračky dnes nechybí téměř žádné domácnosti. Velká výhoda je ta, že pračku stačí naplnit prádlem, přidat prací prostředek a zařízení pere samo. Nevýhodou může být ovšem spotřeba vody či elektrické energie. Nejúspornější pračky si dnes vystačí jen s 40 l vody na jeden prací cyklus.

Při výběru zařízení je nutno brát ohled na velikost náplně. Novodobé pračky můžeme naplnit 3-6 kg suchého prádla. Důležitou roli hrají také rozměry praček a volba bočního nebo horního plnění. Oblíbenější jsou ovšem přístroje s bočním plněním, které zaujímají cca 46% trhu [3].

Pračky s horním plněním

Jsou ideální, pokud máme malou koupelnu nebo musíme šetřit místo. Tyto zařízení jsou většinou úzké, kolem 40 cm. Nicméně hloubka může dosahovat až 90 cm. Největší výhodou horního plnění je to, že se ke spotřebiči nemusíme nijak ohýbat. Toto ocení především senioři či osoby s omezenou schopností pohybu. Tyto spotřebiče dokážou najednou vyprat až 10 kg prádla. [4]

Pračky s bočním plněním

Obrovskou výhodou těchto praček je prostorný buben, který dokáže pojmout až 15 kg prádla. Tento typ můžeme umístit do jakékoliv místnosti v bytě, ať už do koupelny, do kuchyně nebo zvláštní prádelní místnosti. Jsou širší než pračky s horním plněním, nicméně v dnešní době se vyrábějí už i varianty slim, které mohou mít hloubku pouhých 33 cm. Velikou výhodou je také použití horní strany jako odkládacího prostoru, popř. je možné postavit na pračku i sušičku. [4]



Obr. 4: Automatická pračka s předním plněním [5]

1.2.7. Ruční pračky

Ruční pračky jsou skvělou volbou pro praní prádla na chatě nebo v přírodě. Díky své nízké hmotnosti je možné vzít tyto pračky i pod stan. Tato zařízení jsou také vhodná pro praní jemného prádla, které by mohla automatická pračka zničit. Některé ruční pračky mohou být dimenzované až na 6kg prádla. Od toho se ale ovšem odvíjí i délka praní. Obvyklá doba praní se pohybuje v rozmezí od 5 do 10 minut.

Pračka DEZA

Jedná se o jednu ze starších ručních praček. Toto zařízení bylo vyráběno Družstvem zámečníků Praha a první kusy vznikly v roce 1995. Je vyrobena z hliníku.



Obr. 5: DEZA [6]

White Magic

Je díky svým rozměrům vhodná do karavanů. Průměr bubnu je okolo 300 mm a výška 400 mm. Tento přístroj dokáže vyprat až 2,2 kg prádla a spotřebuje při tom 6l vody. V tomto případě výrobce doporučuje prát pouhé dvě minuty. Cenově se pohybují okolo 1800 Kč.

Zařízení je vyrobeno z plastu. Má hmotnost jen 2,6 kg. Buben je opatřen pákou, díky které uživatel pračku roztočí. Víko je pojištěno bezpečnostním zámkem.



Obr. 6: White Magic [7]

Gentlewasher

Zařízení vzniklo na podporu šetření planety Země. Vynálezce říká, že pračka je úsporná a šetrná k životnímu prostředí. Dokáže pojmout až 3 kg prádla a je vhodná pro praní jemného prádla. Výrobce uvádí že při úplném naplnění stačí prát 5 minut.



Obr. 7: Gentlewasher [8]

Drumi

Další EKO pračkou je Drumi. Zařízení vzniklo v Kanadě a výrobce si zakládá na energetické nenáročnosti. Podle něj totiž spotřebuje až o 80% méně vody než klasická pračka.

Pojme jen 5 litrů vody a váží 5,4 kg. Velkou výhodou je také to, že pohon není ruční, ale přes nožní pedál, což je pro uživatele daleko pohodlnější.



Obr. 8: Drumi [9]

Orion Twister

Další pračkou s nožním pedálem je Orion Twister. Díky děrovanému bubnu je umožněno i máchání a ždímání. Pojme 12 litrů vody. Samotné zařízení je vyrobeno z plastu a váží jen 3 kg.



Obr. 9: Orion Twister [10]

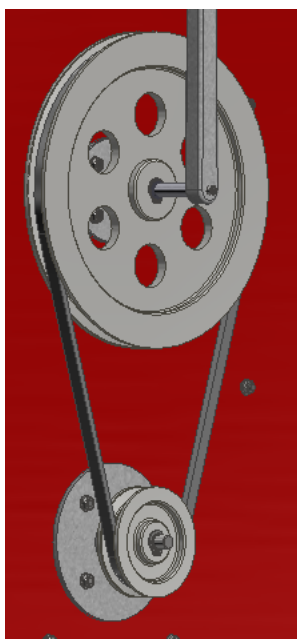
2. Popis konstrukce

V této kapitole se budu zabývat samotným popisem konstrukčního návrhu zařízení.

2.1. Popis pohonu

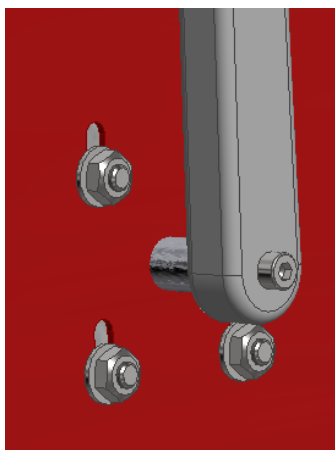
Dle zadání jsem použila řemenový převod s převodem do rychla. Abych šetřila místo a pračka neměla moc velký rozměr do hloubky, volila jsem jednoduchý svislý převod. Přenos momentu z náboje na hřídel je zajištěn na obou řemenicích skrze těsné pero. Řemenice jsou pojištěny proti axiálnímu posuvu z jedné strany osazením a z druhé strany pojistným kroužkem pro hřídele.

Vzhledem k ručnímu pohonu, byla na velkou řemenici navedena klika. Ta je tvořena jednoduchým šroubem, na který je nasazené plastové madlo pro lepší úchop. Přenos točivého momentu je zajištěn polygonovým spojením hřídele 2 a kliky.



Obr. 10: Ukázka řemenového převodu

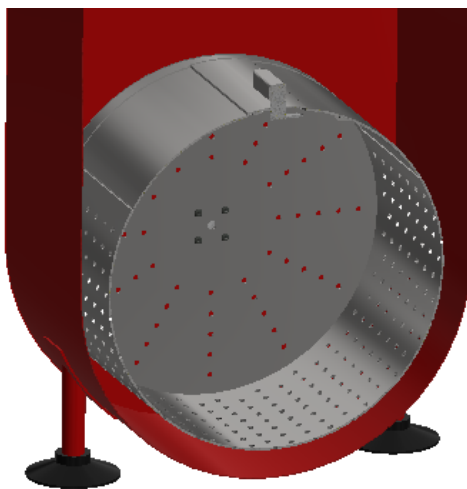
Na konce hřídelí obou řemenic jsou nalisovány ložiska. U hřídele 1_1 jsou použity jednořadá kuličková ložiska a u hřídele 2 jsou to kluzná ložiska. Ty jsou dále uloženy v ložiskových jednotkách, které jsou našroubovány na skříň celé pračky. Díky možnosti přešroubování jednotek u velké řemenice a drážek u skříně pračky, je zajištěn možný posuv velké řemenice a tím i napínání řemene. Pro zabránění úniku vody ze skříně je do příruby hřídele 1_1 a hřídele 1_2 zabudovaný hřídelový těsnicí kroužek.



Obr. 11: Drážky pro možný posuv hřídele 2 s velkou řemenicí

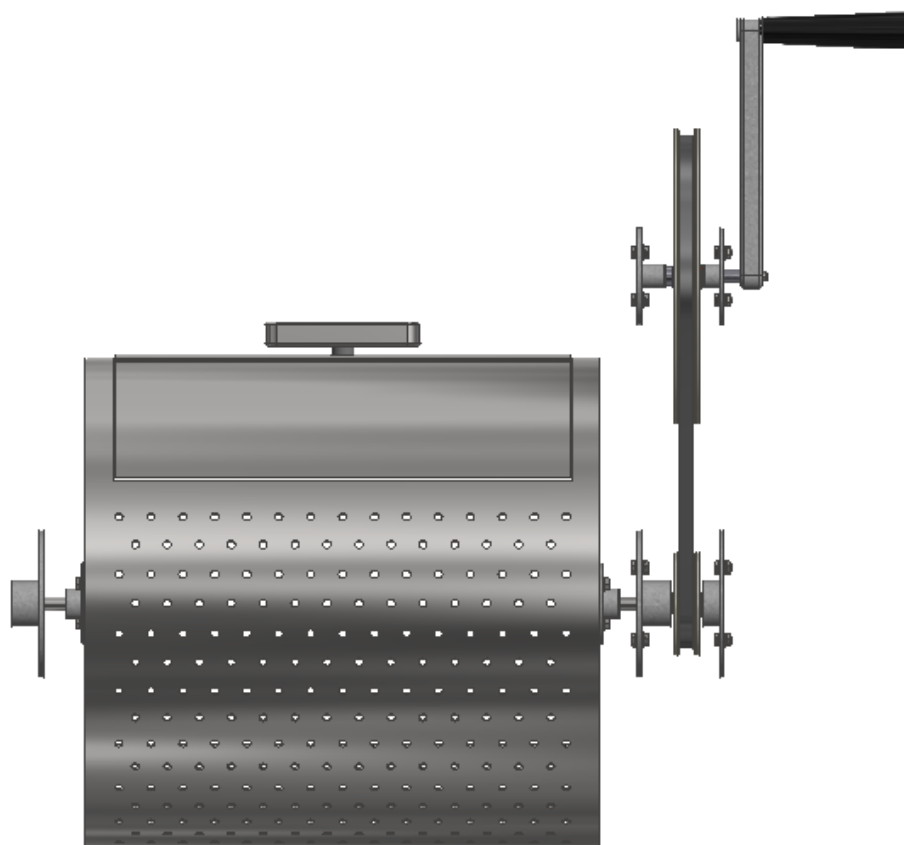
2.2. Popis bubnu

Buben je tvořen z plechu a boky jsou navařeny. Má objem 20 l, což stačí pro 3kg prádla. Buben je děrovaný. Voda se tedy nalije přímo do skříně. Tím je zajištěno praní, ždímání i máchání. Přenos krouticího momentu je zajištěn pomocí per na koncích obou hřídelí, které jsou uloženy v přírubách našroubovaných na boky bubnu. Otáčení dvířek bubnu je zajištěno čepy, které jsou proti axiálnímu posuvu pojištěny třmenovými kroužky. Uzavření bubnu je realizováno jednoduchým šroubem a klikou.

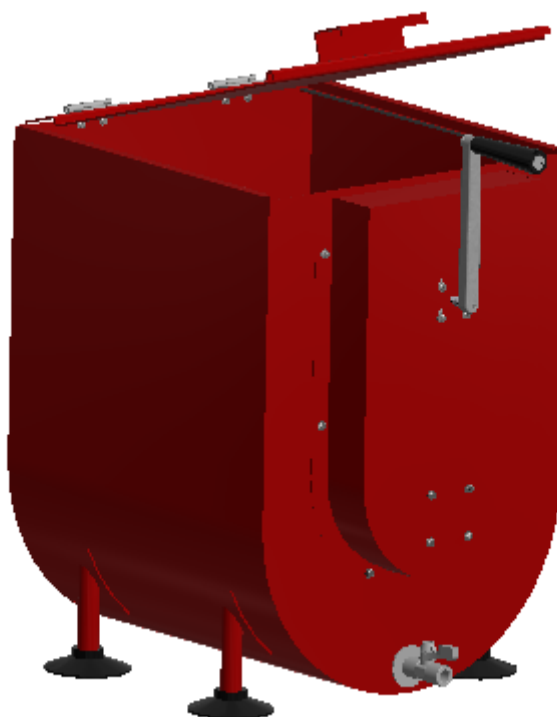


Obr. 12: Řez bubnem

Celý mechanismus je uložen ve skříně, která je z ohýbaného plechu a po bocích svařovaná. Část skříně, která zakrývá řemenový převod je pouze přišroubovaná pro zajištění smontovatelnosti pračky. Skříň je opatřena uzavíratelným kohoutem pro snadné vypouštění vody z pračky. Aby byla zajištěna těsnost šroubových spojů, je potřeba, aby spáry hlav šroubů byly vyplněny silikonovým tmelem.



Obr. 13: Celý mechanismus (skříň není zobrazena)



Obr. 14: Výsledný vzhled pračky

3. Návrh konstrukce

Prvním krokem pro návrh zařízení byl náčrt na papír a navržení různých variant praček. Po uvážení všech možných variant jsem zvolila pračku s děrovaným bubnem zasazeným do skříně pračky. Postupně jsem navržené části vytvářela v 3D programu Autodesk Inventor Professional 2018.

3.1. Navržení základních rozměrů

Začátkem mé práce je určení kroutícího momentu hřídelí a tím i výpočet výkonu. Vzhledem k tomu že byla zadána jen hmotnost suchého prádla, vycházím tedy z této informace.

Nejdříve jsem si musela určit objem prádla, které váží 3 kg. To jsem provedla jednoduchým převážením prádla v kbelíku o objemu 10 l. Měřením jsem zjistila, že je potřeba navrhnout buben o objemu 20 l.

Navržené rozměry bubnu

$$v=310 \text{ mm}$$

$$\varnothing d=296 \text{ mm} \rightarrow r=148 \text{ mm}$$

$$\varnothing D=300 \text{ mm} \rightarrow R=150 \text{ mm}$$

$$m_b=6,5 \text{ kg}$$

➔ Hmotnost bubnu byla vypočítána pomocí programu Autodesk Inventor Professional 2018.

Pro zjištění kroutícího momentu je potřeba nejprve vypočítat celkový hybný moment setrvačnosti bubnu i s mokrým prádlem.

3.1.1. Výpočet celkového momentu setrvačnosti

$$V = \pi r^2 v = \pi \cdot 1,48^2 \cdot 3,1 = 21,33 \text{ dm}^3 > 20 \text{ dm}^3$$

→ rozměry bubnu vyhovují

Moment setrvačnosti bubnu

$$J_b = \frac{1}{2} m_b (R^2 + r^2) = \frac{1}{2} \cdot 6,5 \cdot (0,150^2 + 0,148^2) = 0,14 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (1)$$

Moment setrvačnosti vody

$$\rho_{H_2O} = 997 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m_v = \rho V = 997 \cdot 21,33 \cdot 10^{-3} = 21,27 \text{ kg}$$

$$J_v = \frac{1}{2} m_v r^2 = \frac{1}{2} \cdot 21,27 \cdot 0,148^2 = 0,23 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (2)$$

Moment setrvačnosti prádla

Pro 3 kg V=20l

$$r_p = \sqrt{\frac{V}{\pi v}} = \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 0,31}} = 0,143 \text{ m}$$

$$J_p = \frac{1}{2} m_p r_p^2 = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 0,143^2 = 0,031 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (3)$$

Celkový moment setrvačnosti

$$J_c = J_b + J_v + J_p = 0,14 + 0,23 + 0,031 = 0,401 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (4)$$

3.1.2. Výpočet kroutícího momentu

Při výpočtu kroutícího momentu uvažuji převodový poměr $i = \frac{1}{3}$. Jedná se tedy o převod do rychla, což splňuje zadání. Dále si volím dobu rozběhu bubnu t a otáčky hnací řemenice n_1 .

$$i = \frac{1}{3}$$

$$t = 5 \text{ s}$$

$$n_1 = 50 \text{ min}^{-1}$$

$$n_2 = \frac{n_1}{i} = \frac{50}{\frac{1}{3}} = 150 \text{ min}^{-1} \quad (5)$$

$$\omega_2 = \frac{2\pi n_2}{60} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 150}{60} = 15,71 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1} \quad (6)$$

$$\varepsilon = \frac{\omega_2}{t} = \frac{15,71}{5} = 3,14 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-2} \quad (7)$$

$$M_{k2} = J_c \cdot \varepsilon = 0,401 \cdot 3,14 = 1,26 \text{ Nm} \quad (8)$$

$$P_2 = M_{k2} \cdot \omega_2 = 1,26 \cdot 15,71 = 19,79 \text{ W} \quad (9)$$

$$\eta_c = \eta_{VL} \cdot \eta_{KL} \cdot \eta_{VV} \cdot \eta_{\text{ř}} = 0,99 \cdot 0,97 \cdot 0,95 \cdot 0,95 = 0,867 \quad (10)$$

kde:

$\eta_{VL} = 0,99$... účinnost valivých ložisek [11]

$\eta_{KL} = 0,97$... účinnost kluzných ložisek [11]

$\eta_{VV} = 0,95$... účinnost víření vody

$\eta_{\text{ř}} = 0,95$... účinnost řemenového převodu [11]

$$M_{k1} = \frac{M_{k2}}{\eta_c \cdot i} = \frac{1,26}{0,867 \cdot \frac{1}{3}} = 4,36 \text{ Nm} \quad (11)$$

$$P_1 = M_{k1} \cdot \omega_1 = 4,36 \cdot 5,24 = 5,72 \text{ W} \quad (12)$$

$$\omega_1 = \frac{2\pi n_1}{60} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 50}{60} = 5,24 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1} \quad (13)$$

$$F_1 = \frac{M_{k1}}{r_k} = \frac{4,36}{0,15} = 29 \text{ N} \quad (14)$$

4. Návrh řemenového převodu

Aby byly zvýšeny otáčky bubnu, je do mechanismu pračky přidán řemenový převod. Dle kapitoly 3.1.2 počítám s převodovým poměrem $i = \frac{1}{3}$. Otáčky malé řemenice n_2 a výkon P_2 plynou z výpočtů téže kapitoly.

$$i = \frac{1}{3}$$

$$n_2 = 150 \text{ min}^{-1}$$

$$P_2 = 19,79 \text{ W}$$

4.1. Návrh průměrů řemenic

Vzhledem k nízkým otáčkám bubnu a malému výkonu hnané řemenice, volím dle strojnických tabulek [12] řemen typu Z. Ten se používá při výkonu do 2kW.

$$D_{2MAX} = \frac{60\,000 \cdot v_{2MAX}}{\pi \cdot n_2} = \frac{60\,000 \cdot 25}{\pi \cdot 150} = 3\,183 \text{ mm} \quad (15)$$

➔ $v_{2MAX} = 25$ volím pro řemen Industrial. Ten se používá při menších obvodových rychlostech [11].

Z výpočtu vidíme, že malá řemenice může dosahovat velkých průměrů. Vzhledem k tomu, že je potřeba úspora místa, volím dle ČSN 02 3180 nejmenší normalizovaný průměr řemenice a to **$D_2 = 63 \text{ mm}$** .

$$D_1 = \frac{D_2}{i} = \frac{63}{\frac{1}{3}} = 189 \rightarrow \text{volím } D_1 = 180 \text{ mm} \quad (16)$$

$$i_{sk} = \frac{D_1}{D_2 \cdot (1 - s)} = \frac{180}{63 \cdot (1 - 0,02)} = 0,36 \quad (17)$$

$s = 0,02 \dots$ pružný skluz pro řemen Industrial. [11]

4.2. Návrh osové vzdálenosti

$$A_{MIN} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot (D_1 - D_2) = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot (180 - 63) = 82,73 \text{ mm} \quad (18)$$

$$A_{MAX} = 2 \cdot (D_1 + D_2) = 2 \cdot (180 + 63) = 486 \text{ mm} \quad (19)$$

$$MIN. ROZESTUP: 0,2 \cdot (D_1 + D_2) = 0,2 \cdot (180 + 63) = 48,6 \text{ mm} \quad (20)$$

$$A = \frac{D_2}{2} + MIN. ROZESTUP + \frac{D_1}{2} = \frac{63}{2} + 48,6 + \frac{180}{2} = 170,1 \text{ mm} \quad (21)$$

Vzhledem k rozměrům pračky volím osovou vzdálenost $A = 180 \text{ mm}$.

4.3. Výpočet délky řemene

$$\alpha = 2 \cdot \arccos \frac{D_1 - D_2}{2 \cdot A} = 2 \cdot \arccos \frac{180 - 63}{2 \cdot 180} = 142^\circ \quad (22)$$

$$\gamma = 90 - \frac{\alpha}{2} = 90 - \frac{142}{2} = 19^\circ \quad (23)$$

$$L'_p = 2 \cdot A \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + \frac{\pi}{2} \cdot (D_2 + D_1) + \frac{\pi \cdot \gamma}{180} \cdot (D_1 - D_2) = 2 \cdot 180 \cdot \sin \frac{142}{2} + \frac{\pi}{2} \cdot (63 + 180) + \frac{\pi \cdot 19}{180} \cdot (180 - 63) = 760,9 \text{ mm} \quad (24)$$

Pro řemen typu Z volím nejbližší normalizovanou velikost dle ČSN 02 3110 $L_p=800 \text{ mm}$.

$$\begin{aligned} A_{sk} &= \frac{1,04 \cdot L_p - \frac{\pi}{2} \cdot (D_2 + D_1) - \frac{\pi \cdot \gamma}{180} \cdot (D_1 - D_2)}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} \\ &= \frac{1,04 \cdot 800 - \frac{\pi}{2} \cdot (63 + 180) - \frac{\pi \cdot 19}{180} \cdot (180 - 63)}{2 \cdot \sin \frac{142}{2}} \\ &= 217,6 \text{ mm} \end{aligned} \quad (25)$$

Při délce řemene $L_p=800$ bude skutečná osová vzdálenost o něco větší a to $A_{sk}=218 \text{ mm}$.

4.4. Kontrola životnosti řemene

U klínového řemene není potřeba kontrolovat bezpečnost. Tento typ při přetížení nepraskne, ale pouze se natáhne. Řemenice poté prokluzuje. Nehrozí tedy žádné poranění obsluhy. Avšak je potřeba určit jeho trvanlivost. Je tedy nutné vypočítat ohybovou frekvenci f_0 , tj. jak často se řemen ohýbá za sekundu. To závisí na obvodové rychlosti a délce řemene. [11]

$$v_2 = \frac{\pi \cdot D_2 \cdot n_2}{60} = \frac{\pi \cdot 0,063 \cdot 150}{60} = 0,49 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (26)$$

$$f_0 = \frac{v_2 \cdot 1000 \cdot k}{L_p} = \frac{0,49 \cdot 1000 \cdot 2}{800} \leq f_{0D} \quad (27)$$

$$1,22 \leq 40$$

kde k je počet kol, přes které se řemen ohýbá.

Dovolená ohybová frekvence $f_{OD}=40 \text{ s}^{-1}$ [11]. Z výpočtu vidíme že ohybová frekvence je mnohonásobně nižší, než dovolená ohybová frekvence. Můžeme tedy konstatovat, že řemen vyhovuje. Proto volím pro řemenový převod navržené pračky dle ČSN 02 3110 ŘEMEN Z-800.

4.5. Výpočet předpětí

$$f = f_0 + 0,012 \cdot v_2 = 0,35 + 0,012 \cdot 0,49 = 0,36 \quad (28)$$

$$f_k = \frac{f}{\sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{0,36}{\sin \frac{34}{2}} = 1,21 \quad (29)$$

kde α je úhel drážky řemenice. Volím $\alpha=34^\circ \pm 1^\circ$ dle ČSN 02 3111.

$$F = \frac{2 \cdot M_{k2}}{D_2} = \frac{2 \cdot 1,26}{0,063} = 40 \text{ N} \quad (30)$$

$$F_0 = k \cdot \frac{F}{2} \cdot \frac{e^{f_k \cdot \frac{\alpha \cdot \pi}{180}} + 1}{e^{f_k \cdot \frac{\alpha \cdot \pi}{180}} - 1} = 1,3 \cdot \frac{40}{2} \cdot \frac{e^{1,21 \cdot \frac{142\pi}{180}} + 1}{e^{1,21 \cdot \frac{142\pi}{180}} - 1} = 28,73 \text{ N} \quad (31)$$

kde k je bezpečnost proti prokluzu. Obvykle se volí v rozmezí $k=(1,3 \div 1,6)$. [11] Vzhledem k tomu že při prokluzu nehrozí zranění osoby ani poškození zařízení, volím nejmenší možnou hodnotu $k=1,3$.

Aby bylo dosaženo předpětí řemene, je potřeba, aby osová vzdálenost řemenic byla měnitelná.

$$A_{MIN} = A_{sk} - 0,015 \cdot L_p = 217,6 - 0,015 \cdot 800 = 205,6 \text{ mm} \quad (32)$$

$$A_{MAX} = A_{sk} + 0,030 \cdot L_p = 217,6 + 0,030 \cdot 800 = 241,6 \text{ mm} \quad (33)$$

4.6. Návrh malé řemenice

Rozměry drážky byly zjištěny v ČSN 02 3180.

$$l_p = 8,5 \text{ mm}$$

$$b_{\text{MIN}} = 2,5 \text{ mm}$$

$$h_{\text{MIN}} = 7 \text{ mm}$$

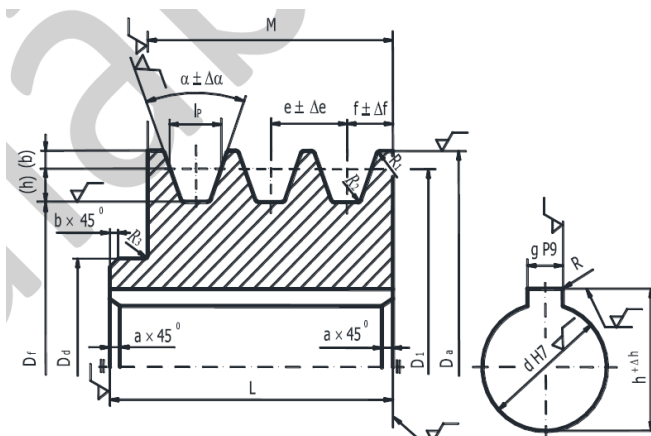
$$e = 12 \pm 0,3 \text{ mm}$$

$$f = 8 \pm 0,1 \text{ mm}$$

$$R_1 = 0,5 \text{ mm}$$

$$R_2 = 1 \text{ mm}$$

$$R_a = 1,6 \mu\text{m}$$



Obr. 15: Kreslení malé řemenice [11]

$$M = (K - 1) \cdot e + 2 \cdot f = (1 - 1) \cdot 12 \pm 0,3 + 2 \cdot 8 \pm 1 = 16 \pm 1 \text{ mm} \quad (34)$$

$$d_{hmř} \geq \sqrt[3]{\frac{M_{k2} \cdot 16}{\pi \cdot \tau_{DOV}}} = \sqrt[3]{\frac{1,26 \cdot 10^3 \cdot 16}{\pi \cdot 15}} = 7,53 \text{ mm} \quad (35)$$

→ volím $\phi d = 10 \text{ mm}$

$$\tau_{DOV} = (15 \div 25) \text{ MPa}$$

Drážka pro pero

Rozměry drážky dle ČSN 02 2562 pro $\phi D = (8 \div 10)$

$$b = 3 \text{ mm}$$

$$h = 3 \text{ mm}$$

$$t = 1,7 \pm 0,1 \text{ mm}$$

$$t_1 = 1,3 + 0,2 (+0,1)$$

$$R_1 = 0,2$$

$$F_{tp} = \frac{M_{k2}}{\frac{d_{hmř}}{2} + \frac{t_1}{2}} = \frac{1,26 \cdot 10^3}{\frac{10}{2} + \frac{1,3}{2}} = 223 \text{ N} \quad (36)$$

$$l' = \frac{F_{tp}}{p_D \cdot t_1} = \frac{223}{150 \cdot 1,3} = 1,14 \text{ mm} \quad (37)$$

$$l = l' + b = 1,14 + 3 = 4,14 \text{ mm} \quad (38)$$

→ volím dle ČSN 02 2562 $l = 8 \text{ mm}$

$$p_D = (100 \div 150) \text{ MPa}$$

5. Návrh a kontrola hřídelů

5.1. Návrh průměru hřídele 1_1

Hřídel 1_1 je uložena ve valivých ložiskách a je na ni nasazena malá řemenice. Z důvodu možné koroze bubnu i hřídele 1_1, volím jako materiál austenitickou nerezovou ocel. Ta je extrémně odolná proti korozi, dobře se tvaruje i svařuje. [13]

Vlastnosti materiálu:

Označení oceli: X6CrNi18-10 [14]

$R_m = (500 \div 700) \text{ MPa}$

$R_e = 190 \text{ MPa}$

Statickou bezpečnost volím: $k_s = 2$

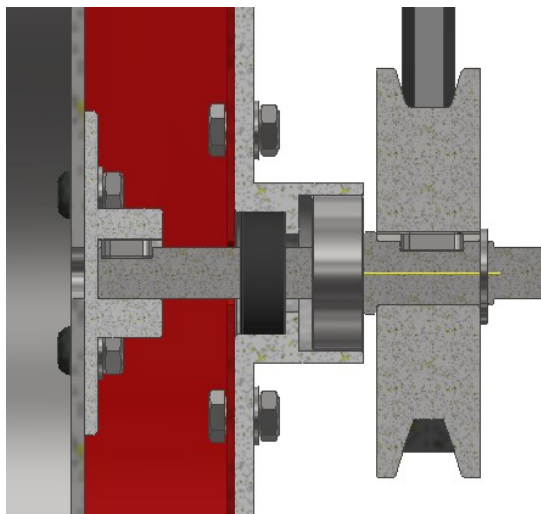
$$\tau_{DOV} = \frac{R_e}{k_s} = \frac{190}{2} = 95 \text{ MPa} \quad (39)$$

$$d_h \geq \sqrt[3]{\frac{M_{k2} \cdot 16}{\pi \cdot \tau_{DOV}}} = \sqrt[3]{\frac{1,26 \cdot 16 \cdot 10^3}{\pi \cdot 95}} = 4,07 \text{ mm} \quad (40)$$

➔ Z konstrukčních důvodů volím nejmenší průměr hřídele $\varnothing d = 8 \text{ mm}$.

5.2. Kontrola bezpečnosti hřídele 1_1

Hřídel 1_1 je namáhána na ohyb i krut. Proto je potřeba vypočítat reakce a zkontrolovat její bezpečnost.



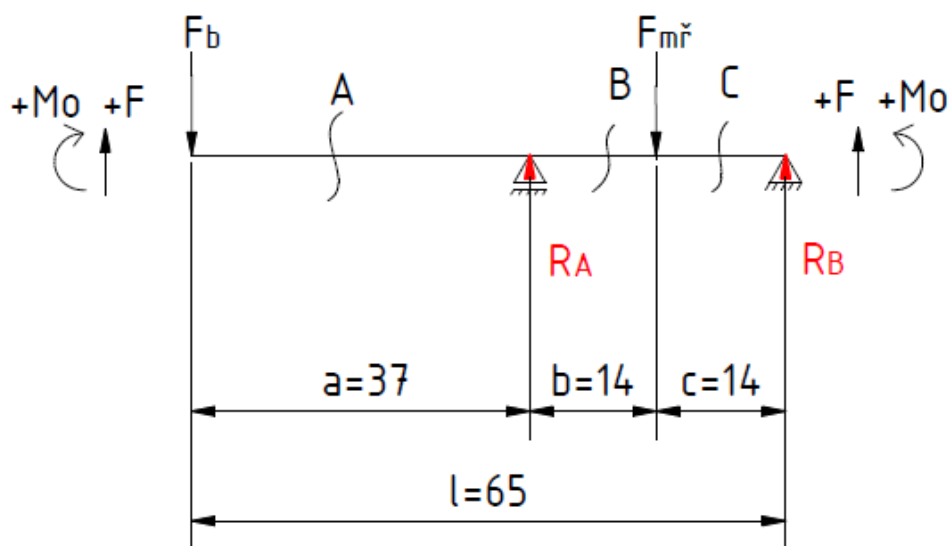
Obr. 16: Řez hřídelí 1_1
(není zobrazena pravá příruba, ložisko a krytí řemenu)

5.2.1. Výpočet reakcí

Nejprve je potřeba vypočítat reakce v podporách A a B (ložiska) a následně zjistit, kde se vyskytuje největší ohybový moment. Rozměry hřídele vyplývají z konstrukčního návrhu. Vzhledem k tomu, že buben je podepřen hřídelemi z obou stran (viz obr.13), počítám se silou $F_b=60\text{ N}$, která zahrnuje jen polovinu váhy bubnu i s prádlem. Podpory představují kuličková ložiska, která jsou uložena v přírubách.

$$F_b=60\text{ N}$$

$$F_{mř}=3\text{ N}$$



Obr. 17: Schématický náčrtek hřídele 1_1

$$\Sigma M_{oA} = 0 \quad (41)$$

$$0 = -F_b \cdot a + F_{mř} \cdot b - R_B \cdot (b + c)$$

$$28R_B = -60 \cdot 37 + 3 \cdot 14$$

$$R_B = -77,8\text{ N}$$

$$\Sigma M_{oB} = 0 \quad (42)$$

$$0 = -F_b \cdot l + R_A \cdot (b + c) - F_{mř} \cdot c$$

$$28R_A = 3 \cdot 14 + 60 \cdot 65$$

$$R_A = 140,8\text{ N}$$

Kontrola:

$$\Sigma F_y = 0 = -F_b + R_A - F_{mř} + R_B \quad (43)$$

$$-60 + 140,8 - 3 - 77,8 = 0 \rightarrow OK$$

5.2.2. Zjištění maximálního ohybového momentu

$$x_1 \in \langle 0; a \rangle$$

$$M_{ox1} = -F_b \cdot x_1 \quad (44)$$

$$x_1 = 0 \rightarrow M_{ox1} = 0$$

$$x_1 = a \rightarrow M_{ox1} = -F_b \cdot a = -60 \cdot 37 = -2220 \text{ Nmm}$$

$$x_2 \in \langle a; a + b \rangle$$

$$M_{ox2} = -F_b \cdot x_2 + R_A \cdot (x_2 - a) \quad (45)$$

$$x_2 = a \rightarrow M_{ox2} = -F_b \cdot a + R_A \cdot (a - a) = -60 \cdot 37 + 140,8 \cdot 0 = -2220 \text{ Nmm}$$

$$x_2 = a + b \rightarrow M_{ox2} = -F_b \cdot (a + b) + R_A \cdot (a + b - a) = -60 \cdot (37 + 14) + 140,8 \cdot (37 + 14 - 37) = -1089 \text{ Nmm}$$

$$x_3 \in \langle 0; c \rangle$$

$$M_{ox3} = -R_B \cdot x_3 \quad (46)$$

$$x_3 = 0 \rightarrow M_{ox3} = -R_B \cdot 0 = 0 \text{ Nmm}$$

$$x_3 = c \rightarrow M_{ox3} = -R_B \cdot c = 77,8 \cdot 14 = 1089 \text{ Nmm}$$

5.2.3. Kontrola bezpečnosti

Ve výpočtu reakcí můžeme vidět, že největší ohybový moment vzniká v podpoře A. Při výpočtu napětí uvažuji maximální ohybový moment a kroutící moment přenášený z malé řemenice na hřídel 1_1. Redukované napětí počítám dle Guestovy hypotézy.

$$\sigma_o = \frac{|M_{oMAX}|}{W_o} = \frac{|M_{ox1}|}{\frac{\pi \cdot d_h^3}{32}} = \frac{32 \cdot 2220}{\pi \cdot 8^3} = 44,2 \text{ MPa} \quad (47)$$

$$\tau = \frac{M_k}{W_k} = \frac{M_{k2}}{\frac{\pi \cdot d_h^3}{16}} = \frac{16 \cdot 1,26 \cdot 10^3}{\pi \cdot 8^3} = 12,5 \text{ MPa} \quad (48)$$

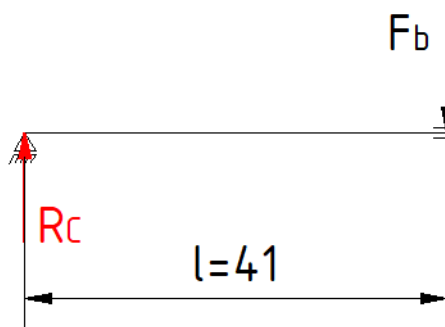
$$\sigma_{RED} = \sqrt{\sigma_0^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{44,2^2 + 4 \cdot 12,5^2} = 50,8 \text{ MPa} \quad (49)$$

$$k_s = \frac{Re}{\sigma_{RED}} = \frac{190}{50,8} = 3,7 \quad (50)$$

Z výpočtu lze vidět, že hřídel vyhovuje. Je možné u ní průměr ještě zmenšit. Vzhledem k celkovým rozměrům pračky, navržený průměr hřídele dále neměním.

5.3. Kontrola bezpečnosti hřídele 1_2

Hřídel 1_2 volím stejného průměru jako hřídel 1_1. Tato hřídel je umístěna z levé strany bubnu (viz obr. 13). Vzhledem k velkému zatížení konce hřídele, provádím bezpečnostní kontrolu na ohyb. Stejně jako u bezpečnostní kontroly hřídele 1_1 beru v úvahu jen polovinu celkové váhy bubnu.



Obr. 18: Schématický náčrt hřídele 1_2

$$F_b = R_c$$

$$M_{OC} = R_c \cdot l = 60 \cdot 41 = 2460 \text{ Nmm} \quad (51)$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{M_{oA}}{\frac{\pi \cdot d_h^3}{32}} = \frac{2460}{\frac{\pi \cdot 8^3}{32}} = 48,9 \text{ MPa} \quad (52)$$

$$k_s = \frac{Re}{\sigma_o} = \frac{190}{48,9} = 3,9 \quad (53)$$

kde $Re=190$ pro mat. X6CrNi18-10

Bezpečnostní kontrola hřídele vyhovuje.

5.4. Návrh průměru hřídele 2

Na hřídel 2 je nasazená velká řemenice a na jejím konci je umístěna klika. Celá hřídel je uložena v kluzných ložiskách, které zajišťují otáčení řemenice. Jako materiál volím ocel 11 423 s mezí kluzu $Re = 226 \text{ MPa}$ [15].

$$\tau_{DOV} = \frac{Re}{k_s} = \frac{226}{2} = 113 \text{ MPa} \quad (54)$$

$$d_h \geq \sqrt[3]{\frac{M_{k1} \cdot 16}{\pi \cdot \tau_{DOV}}} = \sqrt[3]{\frac{4,36 \cdot 16 \cdot 10^3}{\pi \cdot 113}} = 5,81 \text{ mm} \quad (55)$$

➔ Z konstrukčních důvodů volím nejmenší průměr hřídele $\phi d = 8 \text{ mm}$.

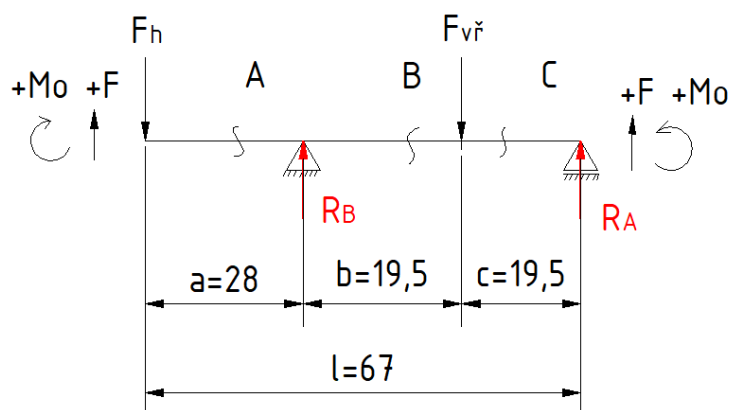
5.5. Kontrola bezpečnosti hřídele 2

I u hřídele 2 je potřeba zkontrolovat bezpečnost. Sílu $F_{vř}$ volím tak, aby do ní byla zahrnuta váha velké řemenice a napínací síla řemene. Do síly F_h je zahrnuto namáhání konce hřídele (na jejím konci je umístěna klika). Tato síla je zvětšená na hodnotu 100 N pro případ zatlačení obsluhou pračky na kliku. Hodnota Re představuje mez kluzu pro materiál 11 423 [15].

5.5.1. Výpočet reakcí

$$F_h = 100 \text{ N}$$

$$F_{vř} = 60 \text{ N}$$



Obr. 19: Schématický náčrt hřídele 2

$$\Sigma M_{oA} = 0 \quad (56)$$

$$0 = -F_{vř} \cdot c + R_B \cdot (b + c) - F_h \cdot l$$

$$39R_B = 60 \cdot 19,5 + 100 \cdot 67$$

$$R_B = 201,8 \text{ N}$$

$$\Sigma M_{OB} = 0 \quad (57)$$

$$0 = -R_A \cdot (b + c) + F_{v\check{r}} \cdot b - F_h \cdot a$$

$$39R_A = 60 \cdot 19,5 - 100 \cdot 28$$

$$R_A = -41,8 \text{ N}$$

Kontrola:

$$\Sigma F_y = 0 = -F_h + R_B - F_{v\check{r}} + R_A \quad (58)$$

$$-100 + 201,8 - 60 - 41,8 = 0 \rightarrow OK$$

5.5.2. Zjištění maximálního ohybového momentu

$$x_1 \in \langle 0; a \rangle$$

$$M_{ox1} = -F_h \cdot x_1 \quad (59)$$

$$x_1 = 0 \rightarrow M_{ox1} = 0$$

$$x_1 = a \rightarrow M_{ox1} = -F_h \cdot a = -100 \cdot 28 = -2800 \text{ Nmm}$$

$$x_2 \in \langle a; a + b \rangle$$

$$M_{ox2} = -F_h \cdot x_2 + R_B \cdot (x_2 - a) \quad (60)$$

$$x_2 = a \rightarrow M_{ox2} = -F_b \cdot a + R_A \cdot (a - a) = -100 \cdot 28 + 201,8 \cdot 0 = -2800 \text{ Nmm}$$

$$x_2 = a + b \rightarrow M_{ox2} = -F_h \cdot (a + b) + R_B \cdot (a + b - a) = -100 \cdot (28 + 19,5) + 201,8 \cdot (28 + 19,5 - 28) = -814,9 \text{ Nmm}$$

$$x_3 \in \langle 0; c \rangle$$

$$M_{ox3} = -R_A \cdot x_3 \quad (61)$$

$$x_3 = 0 \rightarrow M_{ox3} = -R_A \cdot 0 = 0 \text{ Nmm}$$

$$x_3 = c \rightarrow M_{ox3} = -R_A \cdot c = 41,8 \cdot 19,5 = 815,1 \text{ Nmm}$$

5.5.3. Kontrola bezpečnosti

Ve výpočtu reakcí můžeme vidět, že největší ohybový moment vzniká v podpoře A. Při výpočtu napětí uvažuji maximální ohybový moment a kroutící moment přenášený z malé řemenice na hřídel 1_1. Redukované napětí počítám dle Guestovy hypotézy.

$$\sigma_o = \frac{|M_{oMAX}|}{W_o} = \frac{|M_{ox1}|}{\frac{\pi \cdot d_h^3}{32}} = \frac{32 \cdot 2800}{\pi \cdot 8^3} = 55,7 MPa \quad (62)$$

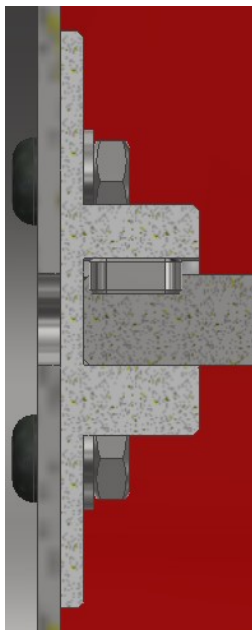
$$\tau = \frac{M_k}{W_k} = \frac{M_{k1}}{\frac{\pi \cdot d_h^3}{16}} = \frac{16 \cdot 4,36 \cdot 10^3}{\pi \cdot 8^3} = 43,4 MPa \quad (63)$$

$$\sigma_{RED} = \sqrt{\sigma_o^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{55,7^2 + 4 \cdot 43,4^2} = 103,1 MPa \quad (64)$$

$$k_s = \frac{Re}{\sigma_{RED}} = \frac{226}{103,1} = 2,2 \quad (65)$$

6. Výpočet pera na hřídeli 1_1 a hřídeli 1_2

Aby bylo zajištěno otáčení bubnu pračky, je potřeba přenést krouticí moment z hřídele na přírubu bubnu, která je na něj přišroubována. Přenos momentu je realizován pomocí těsného pera.



$$M_{k2} = 1,26 \text{ Nm}$$

$$d_h = 8 \text{ mm}$$

$$b = 3 \text{ mm}$$

$$h = 3 \text{ mm}$$

$$t_1 = 1,3 \text{ mm}$$

$$F_{tp} = \frac{M_{k2} \cdot 10^3}{\frac{d_h}{2} + \frac{t_1}{2}} = \frac{1,26 \cdot 10^3}{\frac{8}{2} + \frac{1,3}{2}} = 271 \text{ N} \quad (66)$$

$$l' \geq \frac{271}{100 \cdot 1,3} = 2,1 \text{ mm} \quad (67)$$

$$l = l' + b = 2,1 + 3 = 5,1 \text{ mm} \rightarrow \text{volím } l = 8 \text{ mm} \quad (68)$$

Obr. 20:
Řez přírubou bubnu

Z výpočtu vyplývá, že je potřeba pero s délkou větší nebo rovno 5,1 mm. Dle ČSN 02 2562 je ale nejmenší délka pera pro daný průměr hřídele 8 mm.

7. Kontrola kliky na ohyb

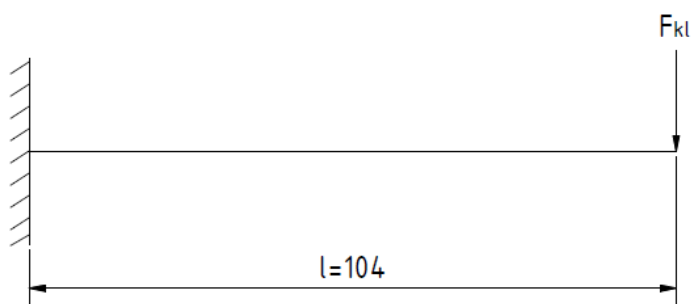
Z bezpečnostních důvodů provádím kontrolu kliky na ohyb. Z výpočtu v kapitole 3.1.2. lze vidět, že síla potřebná k roztočení bubnu je 29 N. Já však z bezpečnostních důvodů uvažuji sílu daleko větší, a to 100 N. Hřídel kliky je vyrobena z běžné konstrukční oceli 11 423.

7.1. Mechanické vlastnosti [15]:

$$R_m = (412 \div 510) \text{ MPa}$$

$$R_e = 226 \text{ MPa}$$

$$d_{kl} = 10 \text{ mm}$$



Obr. 21: Schématický náčrt hřídele kliky

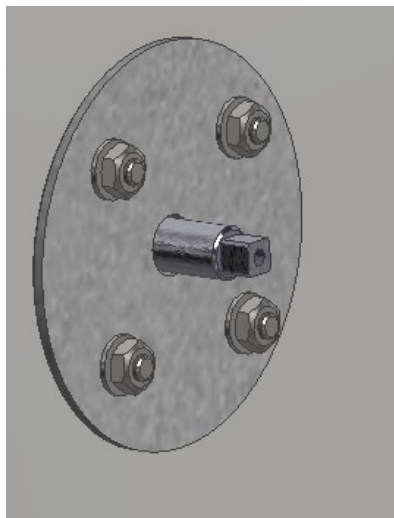
$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F_{kl} \cdot l}{\frac{\pi \cdot d_{kl}^3}{32}} = \frac{100 \cdot 104}{\frac{\pi \cdot 10^3}{32}} = 105,9 \text{ MPa} \quad (69)$$

$$k_s = \frac{R_e}{\sigma_o} = \frac{226}{105,9} = 2,1 > 1,5 \quad (70)$$

Bezpečnostní kontrola kliky vyhovuje.

8. Výpočet polygonového spoje kliky

Aby byl zajištěn přenos kroutícího momentu z kliky na hřídel 2 a tím na velkou řemenici, volím mezi nimi polygonový spoj. Na konci hřídele 2 je proto čtyřhran, na který se nasadí klika. Ta se dále pojistí proti axiálnímu posuvu pomocí šroubu s válcovou hlavou (DIN 7984). Délku hrany volím $a=5\text{ mm}$ a dopočítávám minimální délku spoje.



Obr. 22: Čtyřhran na konci hřídele 2

$$a = 5\text{ mm}$$

$$M_{k1} = 4,36\text{ Nm}$$

$$\varphi = 1,3$$

$$t_h \sim 0,1 \cdot a = 0,1 \cdot 5 = 0,5\text{ mm} \quad (71)$$

$$l \geq \frac{12 \cdot M_{k2} \cdot \varphi}{p_D \cdot n \cdot (a - 2t)^2} = \frac{12 \cdot 4,36 \cdot 10^3 \cdot 1,3}{100 \cdot 4 \cdot (5 - 2 \cdot 0,5)^2} = 7,09\text{ mm} \quad (72)$$

\rightarrow volím $l = 8\text{ mm}$

kde:

$$p_D = (100 \div 150)\text{ MPa} \quad [11]$$

$$\varphi = (1,3 \div 2) \quad [11]$$

9. Výpočet ložisek

9.1. Trvanlivost valivých ložisek na hřídeli 1_1 a hřídeli 1_2

Na hřídel 1_1 a hřídel 1_2 jsou namontovány kuličková ložiska jednořadá. Ta budou nakupovaným komponentem od výrobce SKF. Byla zvolena ložiska 608 [16]. Je tedy potřeba spočítat životnost ložisek při 10% pravděpodobnosti vzniku poruchy.

Ložiska jsou zatížena jen radiálními silami, proto:

$$P = F_R = R_A = 140,8 \text{ N (viz kapitola 5.2.1)}$$

$$C = 3\,450 \text{ N}$$

$$L_{10} = \left(\frac{C}{R_A}\right)^p = \left(\frac{3450}{140,8}\right)^3 = 14711,24 \text{ mil. ot.} \quad (73)$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n_1} \cdot L_{10} = \frac{10^6}{60 \cdot 150} \cdot 14\,711,24 = 1\,634\,582 \text{ hod} \quad (74)$$

kde:

C....dynamická únosnost dle SKF pro ložisko 608 [16]

p=3 pro ložiska s bodovým stykem [17]

9.2. Uložení ložisek na hřídeli 1_1 a hřídeli 1_2

Volím přechodné uložení [12]:

- náboj ø8 H7 (EI=0; ES=0,015)
- hřídel ø8 k6 (ei=0,001; es=0,010)

$$\varnothing d_h = 8 \text{ mm}$$

$$\varnothing d_l = 22 \text{ mm}$$

$$b_l = 7 \text{ mm}$$

$$C^N = \frac{d_l^2 + d_h^2}{d_l^2 - d_h^2} = \frac{22^2 + 8^2}{22^2 - 8^2} = 1,3 \quad (75)$$

$$P_{MAX} = hmr - DMR = (\varnothing d_h + es) - (\varnothing d_h - EI) = \\ = (8 + 0,010) - (8 - 0) = 0,010 \text{ mm} \quad (76)$$

$$p_{MAX} = \frac{P_{MAX} \cdot E}{\varnothing d \cdot (C^N + 1)} = \frac{0,010 \cdot 2,1 \cdot 10^5}{8 \cdot (1,3 + 1)} = 114,1 \text{ MPa} \quad (77)$$

9.2.1. Pevnostní kontrola náboje pomocí Mohrovy pevnostní hypotézy

$$\sigma_1 = C^N \cdot p_{MAX} = 1,3 \cdot 114,1 = 148,3 \text{ MPa} \quad (78)$$

$$\sigma_2 = -p_{MAX} = -114,1 \text{ MPa} \quad (79)$$

$$k_{SN} = \frac{Re_{100Cr6}}{\sigma_1 - \sigma_2} = \frac{441}{148,3 - (-114,1)} = 1,7 \quad (80)$$

kde: Re_{100Cr6}mez kluzu ložiskové oceli dle ČSN 41 4109

9.2.2. Pevnostní kontrola hřídele

$$k_{SH} = \frac{Re}{p_{MAX}} = \frac{190}{114,1} = 1,7 \quad (81)$$

kde: Remez kluzu pro ocel X6CrNi18-10 [14]

9.3. Uložení ložisek v přírubách

Volím přechodné uložení [12]:

náboj $\varnothing 22 \text{ H7}$ ($EI=0$; $ES=0,015$)

hřídel $\varnothing 22 \text{ p6}$ ($ei=0,018$; $es=0,024$)

$$\varnothing d_l = 22 \text{ mm}$$

$$\varnothing d_p = 28 \text{ mm}$$

$$b_l = 7 \text{ mm}$$

$$C^N = \frac{d_p^2 + d_l^2}{d_p^2 - d_l^2} = \frac{28^2 + 22^2}{28^2 - 22^2} = 4,2 \quad (82)$$

$$P_{MAX} = hmr - DMR = (\varnothing d_l + es) - (\varnothing d_l - EI) = \\ = (22 + 0,024) - (22 - 0) = 0,024 \text{ mm} \quad (83)$$

$$p_{MAX} = \frac{P_{MAX} \cdot E}{\varnothing d_l \cdot (C^N + 1)} = \frac{0,024 \cdot 2,1 \cdot 10^5}{22 \cdot (4,2 + 1)} = 44,1 \text{ MPa} \quad (84)$$

9.3.1. Pevnostní kontrola náboje pomocí Mohrovy pevnostní hypotézy

$$\sigma_1 = C^N \cdot p_{MAX} = 4,2 \cdot 44,1 = 185,2 \text{ MPa} \quad (85)$$

$$\sigma_2 = -p_{MAX} = -44,1 \text{ MPa} \quad (86)$$

$$k_{SN} = \frac{Re_{11\ 600}}{\sigma_1 - \sigma_2} = \frac{325}{185,2 - (-44,1)} = 1,4 \quad (87)$$

kde: $Re_{11\ 600}$mez kluzu pro ocel 11 600 [18]

9.3.2. Pevnostní kontrola hřídele

$$k_{SH} = \frac{Re_{100Cr6}}{p_{MAX}} = \frac{441}{44,1} = 10 \quad (88)$$

kde: Re_{100Cr6}mez kluzu ložiskové oceli dle ČSN 41 4109

9.4. Uložení kluzných ložisek na hřídeli 2

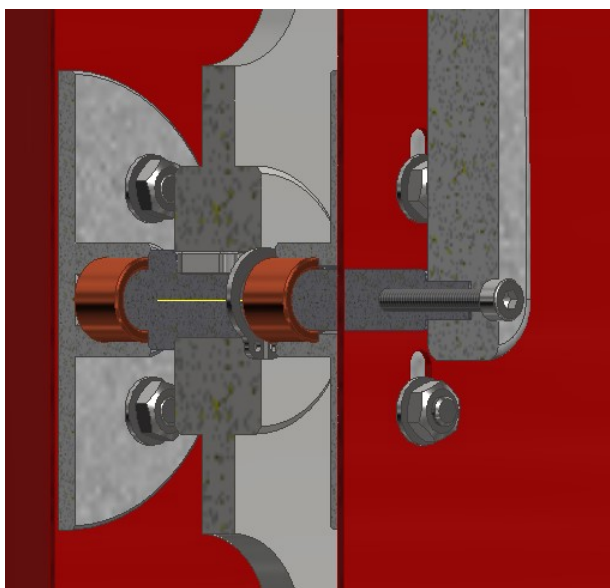
Aby bylo zajištěno otáčení velké řemenice, je hřídel 2 uložena v kluzných ložiskách. Ty jsou od firmy SKF. Je zvolen typ PSM 081108 A51 s vnitřním průměrem $d=8$ mm, vnějším průměrem $D=11$ mm a šířkou $B=8$ mm.

Výrobce u tohoto typu ložiska přímo uvádí doporučené uložení a to H7/h8, proto není potřeba jej navrhovat a počítat. [19]

10. Kontrola šroubů v přírubách

10.1. Kontrola šroubů v přírubách hřídele 2

Aby bylo zajištěno napínání řemene, velká řemenice musí být posuvná. Proto je hřídel 2 uložena v přírubách a ty jsou přišroubovány ke skříni pračky. Do té jsou vystřiženy drážky. Předpětí řemene je tedy zajištěno možností posuvu celé hřídele ve vertikální ose. Proto je potřeba zkontrolovat utahovací moment matic a zjistit bezpečnost šroubů. Pro spoj volím 4x šroub M4.



Obr. 23: Řez hřídelí 2

Parametry šroubu M4-Tř.P. 4.6 [12]

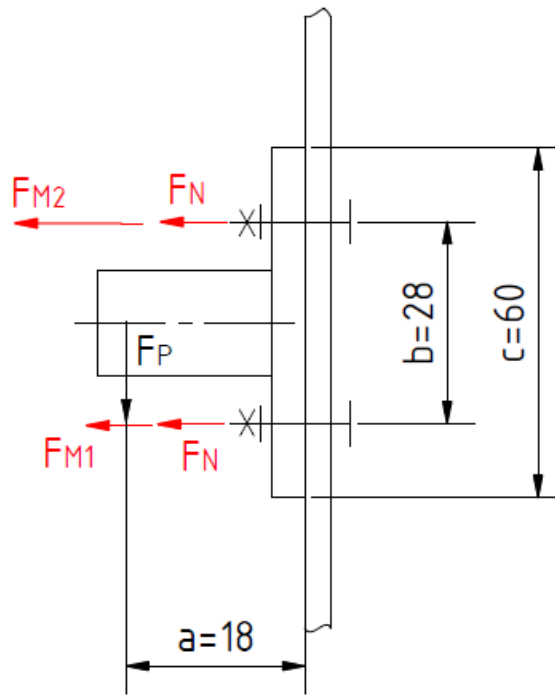
$P=0,700 \text{ mm}$

$d_{M4}= 4,000 \text{ mm}$

$d_{2_M4}= 3,545 \text{ mm}$

$d_{3_M4}= 3,141 \text{ mm}$

Jako provozní sílu uvažuji hmotnost velké řemenice, hmotnost hřídele a předepínací sílu. Počítám jen s polovinou zátěže, protože hřídel je uložena ve dvou přírubách (viz obr.23). Bezpečnost proti prokluzu volím $k=1,3$ a součinitel smykového tření na závitu volím z rozsahu $f_z=(0,19\div0,36)$ [11]. Šrouby jsou třídy pevnosti 4.6.



Obr. 24: Schématický náčrt pozic šroubů hřídele 2

$$m_{\check{R}}=3 \text{ kg} \rightarrow F_{\check{R}}= 30 \text{ N}$$

$$m_H=0,023 \text{ kg} \rightarrow F_H=0,23 \text{ N}$$

$$F_P = \frac{F_{\check{R}} + F_H + F_0}{2} = \frac{30 + 0,23 + 29}{2} = \frac{59,23}{2} \cong 30 \text{ N} \quad (89)$$

$$F_P < F_T$$

$$k \cdot F_P = f \cdot F_N \cdot x \quad (90)$$

$$1,3 \cdot 30 = 0,15 \cdot F_N \cdot 4$$

$$F_N = 65 \text{ N}$$

$$M = M_{\xi}$$

$$F_P \cdot a = 2 \cdot F_{M1} \cdot \frac{c-b}{2} + 2 \cdot F_{M2} \cdot \left(b + \frac{c-b}{2}\right) \quad (91)$$

$$30 \cdot 18 = 2 \cdot F_{M1} \cdot \frac{60-28}{2} + 2 \cdot F_{M2} \cdot \left(28 + \frac{60-28}{2}\right)$$

$$\frac{F_{M1}}{\frac{c-b}{2}} = \frac{F_{M2}}{b + \frac{c-b}{2}} \quad (92)$$

$$\frac{F_{M1}}{\frac{60-28}{2}} = \frac{F_{M2}}{28 + \frac{60-28}{2}}$$

$$\rightarrow F_{M1} = 1,97 \text{ N}$$

$$\rightarrow F_{M2} = 5,42 \text{ N}$$

$$F_{MAX} = F_{M2} + F_N = 5,42 + 65 = 70,42 \text{ N} \quad (93)$$

$$\sigma_t = \frac{F_{MAX}}{\frac{\pi \cdot d_{3M4}^2}{4}} = \frac{70,42}{\frac{\pi \cdot 3,141^2}{4}} = 9,1 \text{ MPa} \quad (94)$$

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{M_{TZ}}{W_K} = \frac{F_{MAX} \cdot \tan(\psi + \varphi') \cdot \frac{d_{2M4}}{2}}{\frac{\pi d_{3M4}^3}{16}} = \\ &= \frac{70,42 \cdot \tan(3,6 + 12,37) \cdot \frac{3,545}{2}}{\frac{\pi \cdot 3,141^3}{16}} = 5,9 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (95)$$

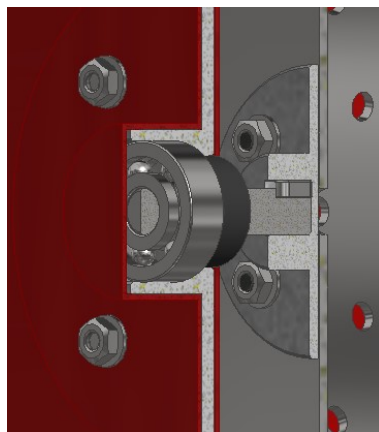
$$\psi = \tan^{-1} \left(\frac{P_h}{\pi \cdot d_{2M4}} \right) [^\circ] = \left(\tan^{-1} \left(\frac{0,7}{\pi \cdot 3,545} \right) \right)^\circ = 3,6^\circ \quad (96)$$

$$\varphi' = \tan^{-1} \left(\frac{f_z}{\cos \left(\frac{\alpha}{2} \right)} \right) [^\circ] = \left(\tan^{-1} \left(\frac{0,19}{\cos(30)} \right) \right)^\circ = 12,37^\circ \quad (97)$$

$$k_s = \frac{R_e}{\sqrt{\sigma_t^2 + 4 \cdot \tau^2}} = \frac{240}{\sqrt{9,1^2 + 4 \cdot 5,9^2}} = 16,1 \quad (98)$$

10.2. Kontrola šroubů v přírubách bubnu

Hřídele, které přenášejí krouticí moment z malé řemenice na buben jsou uloženy v přírubách (viz obr.). Ty jsou dále našroubovány na buben. Je proto potřeba zkontrolovat šrouby i zde. Pro spoj volím 4x šroub M5 ve dvou přírubách. Proto opět počítám jen s polovinou celkové zátěže. Jako zátěž uvažuji hmotnost bubnu, hmotnost suchého prádla a 20 l vody.



Obr. 25: Řez přírubou bubnu

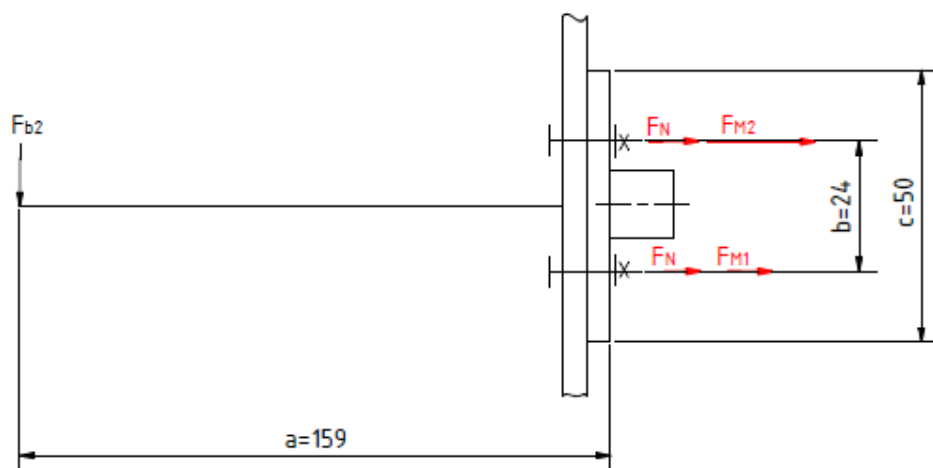
Parametry šroubu M5-Trř.P. 4.6 [12]

$$P=0,8\text{mm}$$

$$d_{M5}= 5,000 \text{ mm}$$

$$d_{2_M5}= 4,480 \text{ mm}$$

$$d_{3_M5}= 4,019 \text{ mm}$$



Obr. 26: Schématický náčrt umístění šroubů v přírubách bubnu

$$m_{b2} = \frac{6,5 + 20 + 3}{2} = \frac{29,5}{2} \text{ kg} \rightarrow F_{b2} \sim 150 \text{ N} \quad (99)$$

$$F_{b2} < F_T$$

$$k \cdot F_{b2} = f \cdot F_N \cdot x \quad (100)$$

$$1,3 \cdot 150 = 0,15 \cdot F_N \cdot 4$$

$$F_N = 325 \text{ N}$$

$$M = M_{\xi}$$

$$F_P \cdot a = 2 \cdot F_{M1} \cdot \frac{c-b}{2} + 2 \cdot F_{M2} \cdot \left(b + \frac{c-b}{2}\right) \quad (101)$$

$$150 \cdot 159 = 2 \cdot F_{M1} \cdot \frac{50-24}{2} + 2 \cdot F_{M2} \cdot \left(24 + \frac{50-24}{2}\right)$$

$$\frac{F_{M1}}{\frac{c-b}{2}} = \frac{F_{M2}}{b + \frac{c-b}{2}} \quad (102)$$

$$\frac{F_{M1}}{\frac{50-24}{2}} = \frac{F_{M2}}{24 + \frac{50-24}{2}}$$

$$\rightarrow F_{M1} = 100,8 \text{ N}, F_{M2} = 286,9 \text{ N}$$

$$F_{MAX} = F_{M2} + F_N = 286,9 + 325 = 611,9 \text{ N} \quad (103)$$

$$\sigma_t = \frac{F_{MAX}}{\frac{\pi \cdot d_{3M5}^2}{4}} = \frac{611,9}{\frac{\pi \cdot 4,019^2}{4}} = 48,2 \text{ MPa} \quad (104)$$

$$\tau = \frac{M_{TZ}}{W_K} = \frac{F_{MAX} \cdot \tan(\psi + \varphi') \frac{d_{2M5}}{2}}{\frac{\pi d_{3M5}^3}{16}} = \quad (105)$$

$$= \frac{611,9 \cdot \tan(3,25 + 12,37) \cdot \frac{4,48}{2}}{\frac{\pi \cdot 4,019^3}{16}} = 30,0 \text{ MPa}$$

$$\psi = \tan^{-1} \left(\frac{P_h}{\pi \cdot d_{2M5}} \right) [^\circ] = \left(\tan^{-1} \left(\frac{0,8}{\pi \cdot 4,48} \right) \right)^\circ = 3,25^\circ \quad (106)$$

$$\varphi' = \tan^{-1} \left(\frac{f_z}{\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \right) [^\circ] = \left(\tan^{-1} \left(\frac{0,19}{\cos(30)} \right) \right)^\circ = 12,37^\circ \quad (107)$$

$$k_s = \frac{R_{eX5CrNi18-10}}{\sqrt{\sigma_t^2 + 4 \cdot \tau^2}} = \frac{210}{\sqrt{48,2^2 + 4 \cdot 30,0^2}} = 2,73 \quad (108)$$

kde $R_{eX5CrNi18-10}$ je mez kluzu pro materiál X5CrNi18-10 dle ČSN 10 088-1.

11. Závěr

Podle zadání mé bakalářské práce provádím v první části obecné seznámení s daným tématem. V kapitole se nejprve stručně zabývám historií praní prádla. Následuje vývoj praček s jejich stručným popisem od valch až po dnešní automatické pračky. V poslední části první kapitoly se zaměřuji na ruční pračky a popisuji vybrané typy, jak tuzemské, tak i zahraniční.

V následující kapitole provádím popis již navrženého zařízení s popisem celého mechanismu. Při geometrickém návrhu jsem nebyla omezena rozměry pračky, proto jsem zařízení nejprve přibližně navrhla. Vzhledem ke krouticímu momentu, který vycházel ze zadané hmotnosti suchého prádla bylo potřeba rozměry dále upravovat. Následně se zabývám výpočtem řemenového převodu. Protože chci dodržet co nejmenší rozměry mnou navrženého zařízení, volím nejmenší normalizovaný průměr malé řemenice. Od této hodnoty a hodnoty doporučeného převodového poměru, který navrhla má vedoucí práce, se odvíjí následující výpočty.

Dále se v práci zabývám pevnostní kontrolou hřídelí. Nejprve jsem provedla návrh průměru hřídele. Vzhledem k ručnímu pohonu pračky a tím i malým krouticím momentům, tento průměr nevyšel příliš velký. Proto jsem volila o něco větší hodnotu. Pevnostní kontroly všech tří hřídelí proto vyšly s uspokojivými výsledky. Následně bylo potřeba provést ostatní výpočty, jako kontrolu kliky na ohyb nebo výpočet trvanlivosti a uložení ložisek. Při těchto výpočtech jsem nenarazila na větší problémy. Přenos krouticího momentu z kliky na hřídel 2 je zajištěn pomocí polygónového spoje, kde bylo potřeba navrhnout potřebnou délku stykové plochy. Ani tento výpočet nebyl problematický.

V závěru práce se zabývám výpočtem šroubového spojení. Aby bylo zajištěno napínání řemene, musí být velká řemenice posuvná. To realizují drážkami ve skříní. Napínání je tedy zajištěno utahovacím momentem šroubů. Kontrolu bezpečnosti šroubů provádím taky v přírubách bubnu. Aby byl zajištěn přenos krouticího momentu z hřídele na buben, jsou proto hřídele uloženy v přírubách a ty jsou na buben našroubovány.

12. Literatura

- [1] Ruční pračka prý podle návodu prádlo nevypere, navíc se špatně rozebírá. *IDnes.cz* [online]. Praha: Mafra, a.s, 1999 [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/ekonomika/test-a-spotrebitel/rucni-pracka-pry-podle-navodu-pradlo-nevypere-navic-se-spatne-rozebira.A_990222_160008_test_jup
- [2] Historie. *Městské muzeum a galerie ve Svitavách* [online]. Svitavy: Městské muzeum a galerie ve Svitavách, 2019 [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <http://www.muzeum.svitavy.cz/stale-exp/historie-prani/historie/86-1/>
- [3] Jak vybrat správnou pračku... *IDnes.cz* [online]. Praha: Mafra, a.s, 2004 [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/bydleni/koupelna/jak-vybrat-spravnou-pracku.A040219_164541_koupelna_pet
- [4] Jak vybrat pračku. *Recenzer* [online]. OPTE Technik, 2017 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: https://www.recenzer.cz/pracky/jak-vybrat-pracku/?gclid=EAIaIQobChMI2oWWyPq64AIVjOF3Ch0P0wvDEAAYAAEgIXPfD_BwE#typy-pracek
- [5] TOP pračky roku 2019. *Váš pomocník* [online]. Praha, 2019 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://vas-pomocnik.cz/pracky/>
- [6] Naše pračky (všechny fotografie). *Městské muzeum a galerie ve Svitavách* [online]. Svitavy: Městské muzeum a galerie ve Svitavách, 2019 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: http://www.muzeum.svitavy.cz/foto.php?id_cl=88
- [7] Ruční tlaková pračka Magic White. *Svět karavanů* [online]. Bavoryně: Burimex, 2019 [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <https://www.svetkaravanu.cz/pracka-white-magic>
- [8] Gentlewasher: hand-wash 2.0. *Indiegogo* [online]. Haag: Indiegogo, 2019 [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <https://www.indiegogo.com/products/gentlewasher-hand-wash-2-0>
- [9] Perete málo nebo byste chtěli víc eko? Mrkněte na elegantní mini pračku Drumi. *Geeklife* [online]. Kroměříž: Zdeněk Dvořák, 2015 [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <https://www.geeklife.cz/mini-eko-pracka-drumi/>
- [10] Ruční pračka Orion Twister. *Euronics.cz* [online]. Zlín: HP TRONIC Zlín, spol. s r.o, 2017 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.euronics.cz/rucni-pracka-orion-twister-720718-assort-zep5orn720718/p292399/#popis>
- [11] KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů*. Ostrava, 2015. Skriptum. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.

- [12] LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 5., upr. vyd. Úvaly: Albra, 2011. ISBN 978-80-7361-081-4.
- [13] Druhy nerezové oceli a příklady jejího využití. *Fasteners.cz*[online]. Ivančice u Brna: FASTENERS CZ, 2019 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.fasteners-cz.cz/druhy-nerezove-oceli-priklady-jejeho-uziti>
- [14] X6CrNi18-10. *Bolzano.cz* [online]. Kladno: Bohdan Bolzano, 2019 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.bolzano.cz/cz/technicka-podpora/technicka-prirucka/vyrobky-z-korozivzdornych-a-zaruvzdornych-oceli/vyrobky-z-oceli-korozivzdornych/materialove-listy/x6crni18-10-austeniticke>
- [15] ČSN 11423 – ocel obvyklých jakostí. *CZ FERRO-STEEL* [online]. Napajedla: CZ FERRO - STEEL, spol. s r.o., 2019 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <http://www.czferrosteel.cz/pdf/tyce-11423.pdf>
- [16] 608. *SKF* [online]. Praha 7: SKF CZ, 2019 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/index.html?designation=608&unit=metricUnit>
- [17] HAVLÍK, Jiří. *Výpočty a konstrukce strojních dílů*. Ostrava, 2017. Skriptum. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.
- [18] ČSN 11600 – konstrukční ocel. *CZ FERRO-STEEL* [online]. Napajedla: CZ FERRO - STEEL, spol. s r.o., 2019 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <http://www.czferrosteel.cz/pdf/tyce-11600.pdf>
- [19] PSM 081108 A51. *SKF* [online]. Praha 7: SKF CZ, 2019 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/plain-bearings/bushings-thrust-washers-strips/table-bushings/index.html?designation=PSM%20081108%20A51&unit=metricUnit>
- [20] NĚMČEK, Miloš. *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů: spoje*. 2. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1782-8. Skriptum. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.

13. Přílohy

Výkresová dokumentace:

Výkres malé řemenice	KYS0053_01_01	A3
Výkres sestavy pračky	KYS0053_01	A0
Seznam položek	KYS0053_01SP	A4

Zvláštní příloha: CD-ROM